

ジャガイモシロシストセンチユウ 防除技術と抵抗性品種の開発

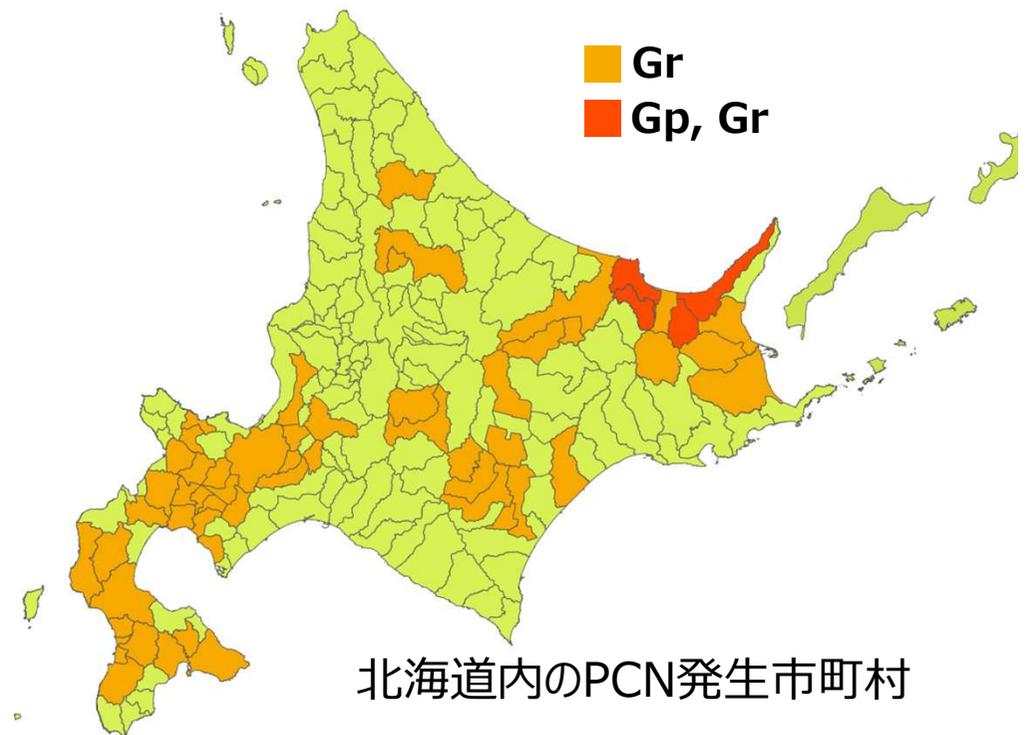


農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター
伊藤 賢治

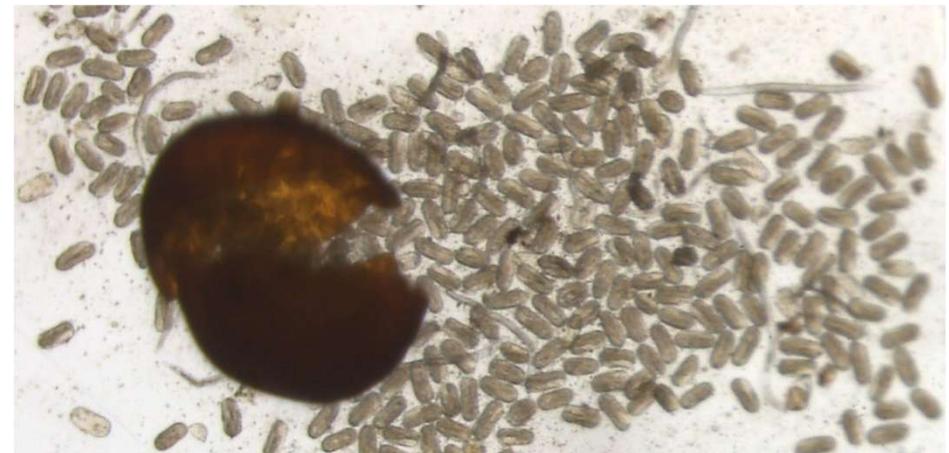
本講演には、農林水産省の「安全な農林水産物安定供給のためのレギュラトリーサイエンス研究委託事業」と、生研支援センターの「イノベーション創出強化研究推進事業」、「戦略的スマート農業技術等の開発・改良」において、農研機構北海道農業研究センターと北海道農政部、道総研北見農試が共同で実施した研究で得られた成果を含みます

ジャガイモシストセンチュウ類 (Potato Cyst Nematode)

- バレイショを減収させる世界的な害虫
- 寄主植物はナス科植物に限られる
- **ジャガイモシストセンチュウ (Gr)**
Globodera rostochiensis
 - 1972年初確認、発生地が年々拡大
- **ジャガイモシロシストセンチュウ (Gp)**
Globodera pallida
 - 2015年初確認、**緊急防除実施中**
 - Gr抵抗性バレイショ品種にも寄生し、**強力な抵抗性品種が無い**

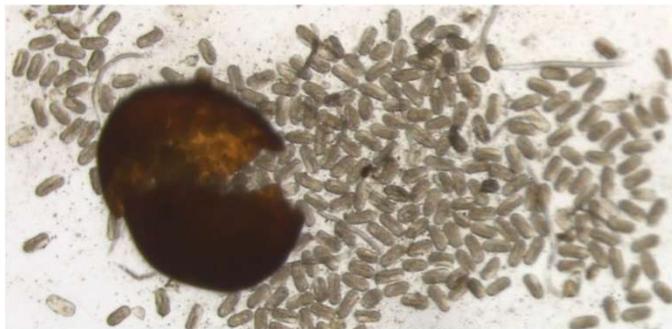


根に寄生する雌成虫とシスト
(直径は0.6 mm前後)



シスト内の卵と2期幼虫

PCNは耐久態の「シスト」を形成

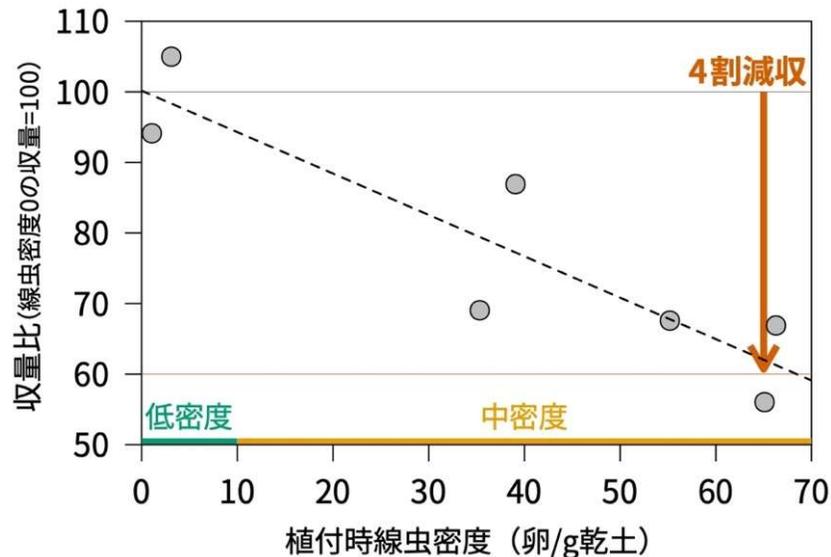


- シストとは、メス成虫が卵を体内に保持したまま死亡し、体皮が硬化したもの
- シスト内の卵は乾燥や低温に対して高い耐性をもつ
- シスト内の卵は宿主がなくても土壤中で10年以上生存可能
- シストは農作物や農業機械に付着した土壌とともに別の圃場に容易に移動し、発生地域が拡大

PCNは農作物を加害する植物寄生線虫の中でも特に防除や拡散防止が難しい線虫とされる



Gr高密度発生圃場で
開花前に黄化したバレイショ地上部



Gr密度とバレイショ（男爵薯）収量の関係
奈良部ら（2017）を改変

地上部の生育抑制

- ▶ 幼虫の寄生により、根の伸長や養水分吸収が阻害
- ▶ 線虫密度が高いと、地上部に萎凋や下葉の黄化などの症状
- ▶ 枯死する場合もある

収穫量の減少

- ▶ 植付け時の線虫密度が高いほど減収する
- ▶ 高密度条件では40%以上減収

種バレイショ生産の制限

- PCN発生圃場で収穫したバレイショには、シストや、シストを含む土壌が付着しており、**バレイショを介して伝染する恐れ**
- PCN発生圃場で生産されたバレイショは、種バレイショとして移動や譲渡ができない
- PCN発生地が拡大すると、種バレイショを生産可能な圃場が減少し、種バレイショの安定供給が困難となる
- 種バレイショは全国に流通するため、影響はわが国全体のバレイショ生産に及ぶ

化学的防除（農薬）

• 燻蒸剤

- 薬液を土壤に注入し、ガス化した薬剤が土壤中に拡散することで**シスト内の卵にも高い殺虫効果**
- 専用の土壤消毒機が必要
- 薬害を避けるため、作物の作付け前にガス抜きが必要
- 劇物に指定されており、取り扱いに注意が必要

• 粒剤

- 作付け直前に土壤に混和処理
- 栽培中に孵化した幼虫を殺して作物への寄生を回避
- **シスト内の卵には効果が無い**ため、寄主作物の栽培時に使用

耕種的防除

• 捕獲作物

- バレイショと同様にシスト内の卵を孵化させるが、寄生した線虫が成長できない植物
- **土壤中の線虫卵を大幅に減らすことが可能**
- 収穫は得られない

• 抵抗性品種

- 感受性品種と同様にシスト内の卵を孵化させるが、寄生した幼虫は成長できずに死亡
- **Grでは、収穫しながら土壤中の線虫卵を大幅に減らすことが可能**
- **Gpには防除に利用できるほど強力な抵抗性品種が無い**

**国内においてPCNの発生が拡大・蔓延することは
わが国のバレイショ生産にとって非常に大きな脅威**

新たに侵入したGpに対して抵抗性品種がなく、
農家に対応できる実用的な防除技術が無い
(Gp初確認当時)

**Gpの蔓延を防止するため、発生地域を対象として
国（農林水産省）による緊急防除を実施
(2016年10月～2026年3月)**

緊急防除：国内に侵入・発生した病害虫により、農作物等に大きな被害が生じるおそれがある場合等に、その病害虫を駆除し、蔓延を防止するために、植物防疫法に基づいて、緊急的に実施される防除措置

- Gp発生圃場における寄主植物（ナス科植物）栽培の禁止
- Gpが付着しているおそれのある植物の地下部・容器等の移動制限、および廃棄の命令
- Gp発生圃場における線虫防除

土壤燻蒸剤による土壤消毒



- 使用薬剤：D-D剤（1,3-ジクロロプロペン）
- 処理量：40L/10a
- 回数：年1回（6～9月）
- Gp密度を90%以上低減

捕獲作物の栽培



- 栽培品種：トマト近縁種「ポテモン」
緑肥トマト「KGM201」
- 播種量：350g, 600g/10a
- 回数：年1作、60日間栽培
- Gp密度を80%以上低減（6月播種）

緊急防除と並行して、防除技術の改善を進めた

- バレイショなどの寄主作物と同様に、根から「**孵化促進物質**」を放出して線虫卵を孵化させる効果を持つ
- 線虫に対して高い抵抗性を有するため、寄生した幼虫は成長できない
- 緊急防除の現場では「**対抗植物**」とも呼ばれる

- PCNに対する捕獲作物：

- トマト近縁種 *Solanum peruvianum*
「**ポテモン**」(雪印種苗)
- ハリナスビ *S. sisymbriifolium*
- **抵抗性トマト「KGM201」**(カゴメ)



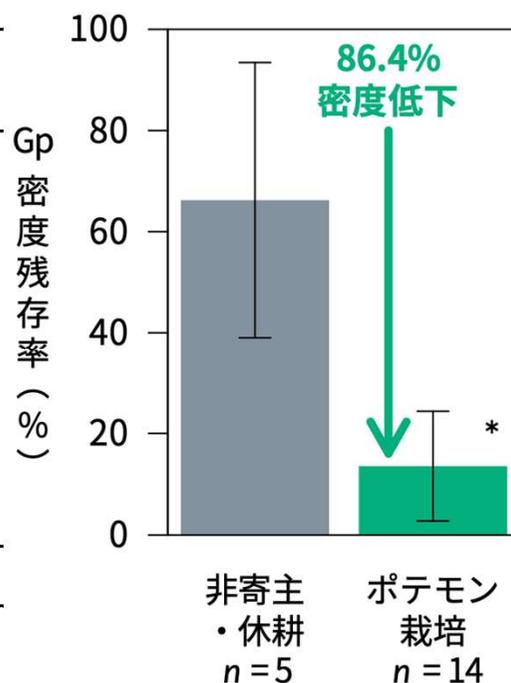
- Gp発生圃場では緊急防除の措置によりナス科植物の作付けが禁止されるが、上記の捕獲作物3種についてはGpを増やさないことが確認されているため、作付け禁止植物から除外されている

Gp緊急防除のためのポテモン栽培（休閒栽培体系）

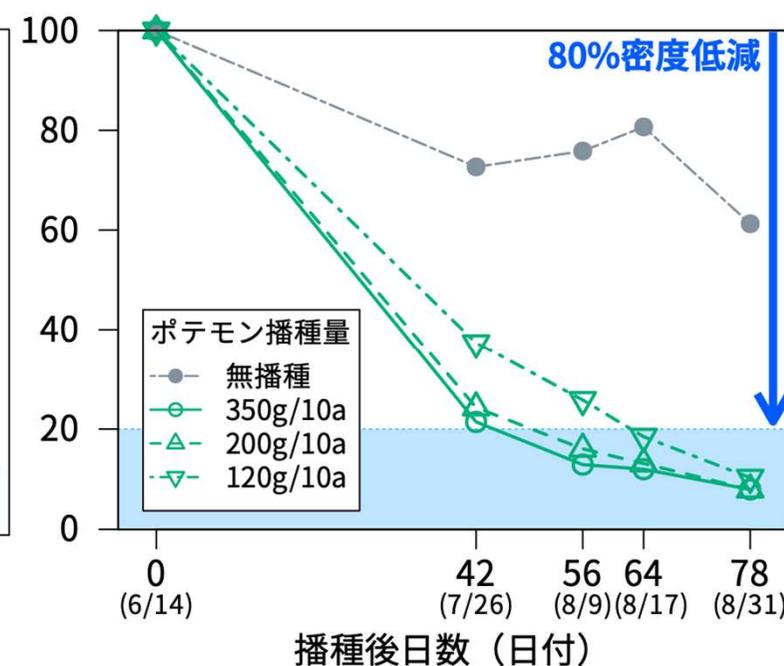
- 6月中旬に播種量 200～350 g/10 a で散播
- 8月中旬まで60日間栽培してから圃場にすき込み
- 通常の作物栽培は休閒

圃場	株数 ^{a)} (本/m ²)	草高 (cm)	地上部生草重 (kg/m ²)
A	100+	69.9± 6.6	3.57±0.677
B	100+	60.3±13.6	2.68±0.910
C	100+	61.7± 2.9	2.82±0.319
D	156±7	52.4±11.5	2.28±0.479
E	100+	57.0± 5.7	2.78±0.580
F	100+	58.1± 2.8	1.52±0.070
G	100+	72.6±12.0	2.16±0.726
平均	100+	61.7	2.54

2017年網走市のデータ。播種量は320 g/10 a、栽培期間は60日。a)株数は圃場内3か所で 1 m² を坪刈り調査（圃場D以外は100本で計数打ち切り）。



2017～2018年網走市のデータ

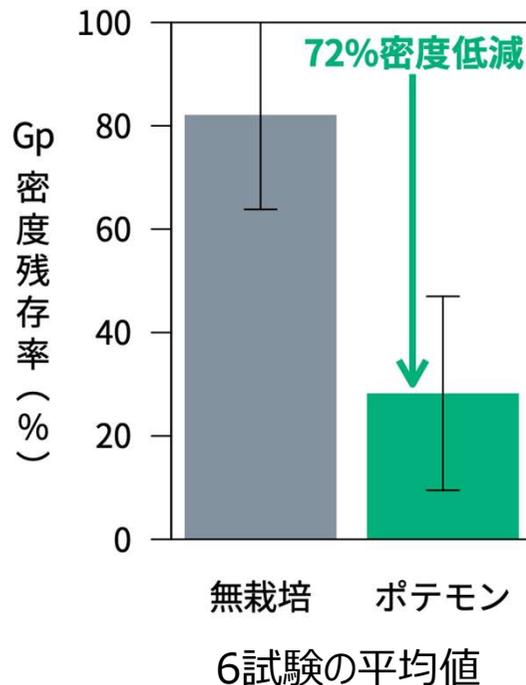
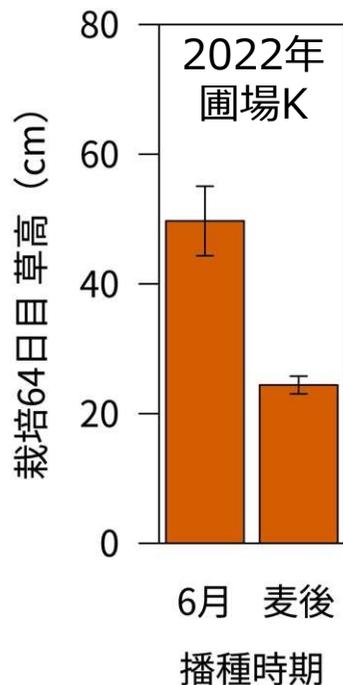


2022年斜里町のデータ

冷涼なオホーツク地域においても、**良好な生育と高いGp防除効果**
 （生育安定のためには**雑草・病害虫対策**が必須）

Gp緊急防除のためのポテモン栽培（小麦後作体系）

- 秋まき小麦収穫後の8月中旬に播種量 350 g/10 a で散播
- 10月中旬まで60日間栽培してから圃場にすき込み
- 通常の作物栽培（輪作）を妨げることなく防除が可能



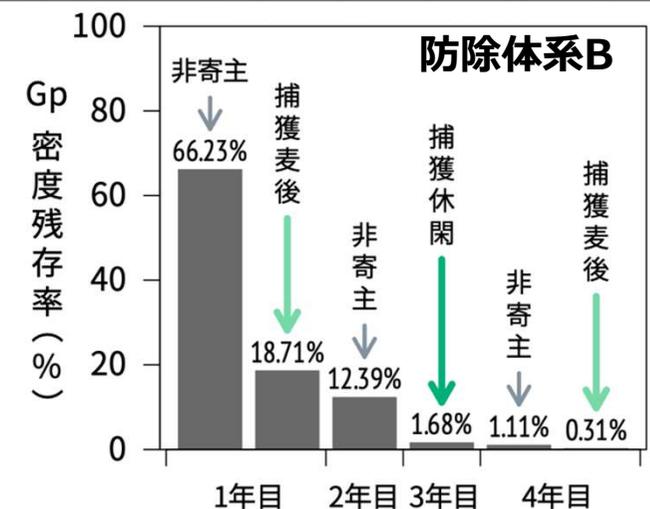
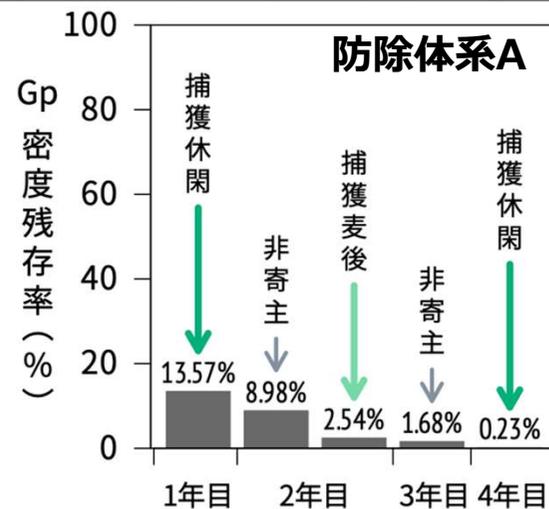
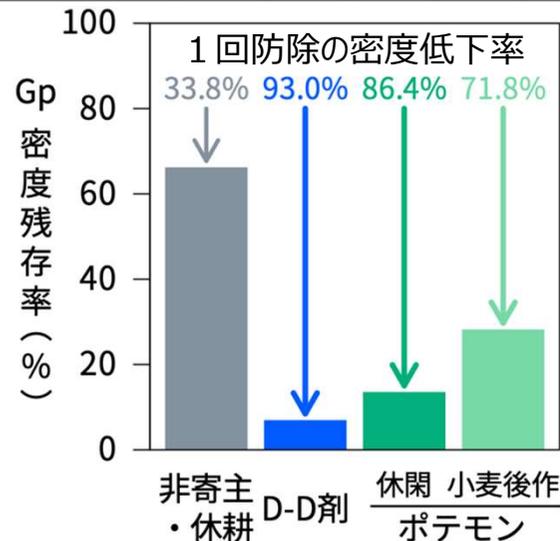
年	圃場	Gp密度残存率 (%) a)	
		無播種区	ポテモン栽培区
2020	H	92.4±35.7	17.2±10.5
	I	66.8±17.2	18.9± 8.6 *
2021	H	84.7±13.1	48.5±49.1
	J	110.4±10.5	53.2±29.0
2022	K	78.9±12.7	5.6± 1.2 *
	L	59.4±23.3	26.0± 4.3 *

a) 平均値±標準偏差。アスタリスクの付いた残存率は同一年次、同一圃場の無播種区と有意差あり (Welchの検定, $P < 0.05$)。

休閒栽培に比べると**生育は貧弱**だが、**十分なGp防除効果**
 (低温による生育不良時の効果低減リスクに留意が必要)

捕獲作物栽培による防除実施体系の例

- 緊急防除では、植物防疫所による防除効果確認調査で**Gpが検出されないこと**が「防除完了」の条件
- 輪作体系に捕獲作物栽培を組み込んで、複数年計画で防除を実施
 - 線虫分散リスクの早期低減化のため、1年目は防除を優先（休閑栽培：体系A）
 - Gp発見時に秋まき小麦が栽培されていた場合は、1年目は小麦後作栽培（体系B）
 - 防除後に実施される植物防疫所の検査でGpが検出されなければ「**防除完了**」



(まとめ) Gp緊急防除のためのポテモン栽培体系



ポテモン種子を 10 a あたり 350 g 播種し、60日間栽培してからすき込む

休閑栽培体系（6月播種）

- 6月中旬～8月中旬に栽培（通常の作物栽培は休閑）
- 生育が良好で安定したGp防除効果（**80%以上密度低減**）

小麦後作体系（8月播種）

- 圃場が空いている、秋まき小麦収穫後の8月中旬～10月中旬に栽培
- **通常の作物栽培・輪作と共存可能**で、栽培機会も増加
- 低温により防除効果が低下するリスクがあるが、平均して**約70%密度低減**

留意事項

- 緊急防除は防除実施者（都道府県）の管理・監督のもとで進める
- 防除完了のためには、複数回（複数年）の栽培が必要
- 専用の播種機や適用外の農薬を使用するため、**農家個人での実施は不可能**

- Gpが確認された 1,238 ha のうち**約98%の圃場で防除が完了**
(2025年3月現在のGp確認圃場は 25 ha)
 - 緊急防除が完了した圃場では**バレイショ栽培を再開可能**
 - 防除完了圃場とは植物防疫所の検査で**Gpが検出されなかった圃場**
 - しかし、検査の検出感度には限界があるため、Gpが検出されなかった圃場にもGpがごくわずかに残存している可能性
 - **防除が完了しても、すべて根絶できた訳ではない**
- ✓2020年度に、防除完了後に**感受性品種**を栽培した6圃場のうち2圃場で**Gpが再確認**された（当該圃場は防除再開）

- **防除完了後もGp対策の継続が必要**
- 再増殖と再検出を防ぐためには、Gpの増殖を抑える効果がある**抵抗性品種の活用が不可欠**

謝辞

本発表の内容は以下の方々のご協力により得られました

- 北海道立総合研究機構 北見農業試験場
- 北海道農政部技術普及課
- 北海道オホーツク総合振興局
- 網走農業改良普及センター
 - 網走支所
 - 清里支所
- JAオホーツク網走
- JAしれとこ斜里
- 横浜植物防疫所

2025年度ポテトフォーラム
2025年12月8日

ジャガイモシロシストセンチュウ防除技術と 抵抗性品種の開発 ～Gp発生確認10年の抵抗性品種開発状況～

農研機構 北海道農業研究センター
畑作物育種グループ
赤井浩太郎

NARO

ジャガイモシロシストセンチュウ

ジャガイモシロシストセンチュウ *Globodera pallida* (Gp)



ジャガイモシロシストセンチュウ(Gr)



網走市(2015)、大空町(?年)、斜里町(2019)、清里町(2020)で発生確認

→ 根絶および他地域へのまん延防止のために植物防疫法に基づく**緊急防除**を開始

- ・なす科植物の栽培禁止
- ・なす科植物の地下部・土壌が付着した地下部等の移動制限
- ・植物防疫官が指定するものの廃棄
- ・対抗植物の植栽や土壌燻蒸による防除

緊急防除の対象地域は

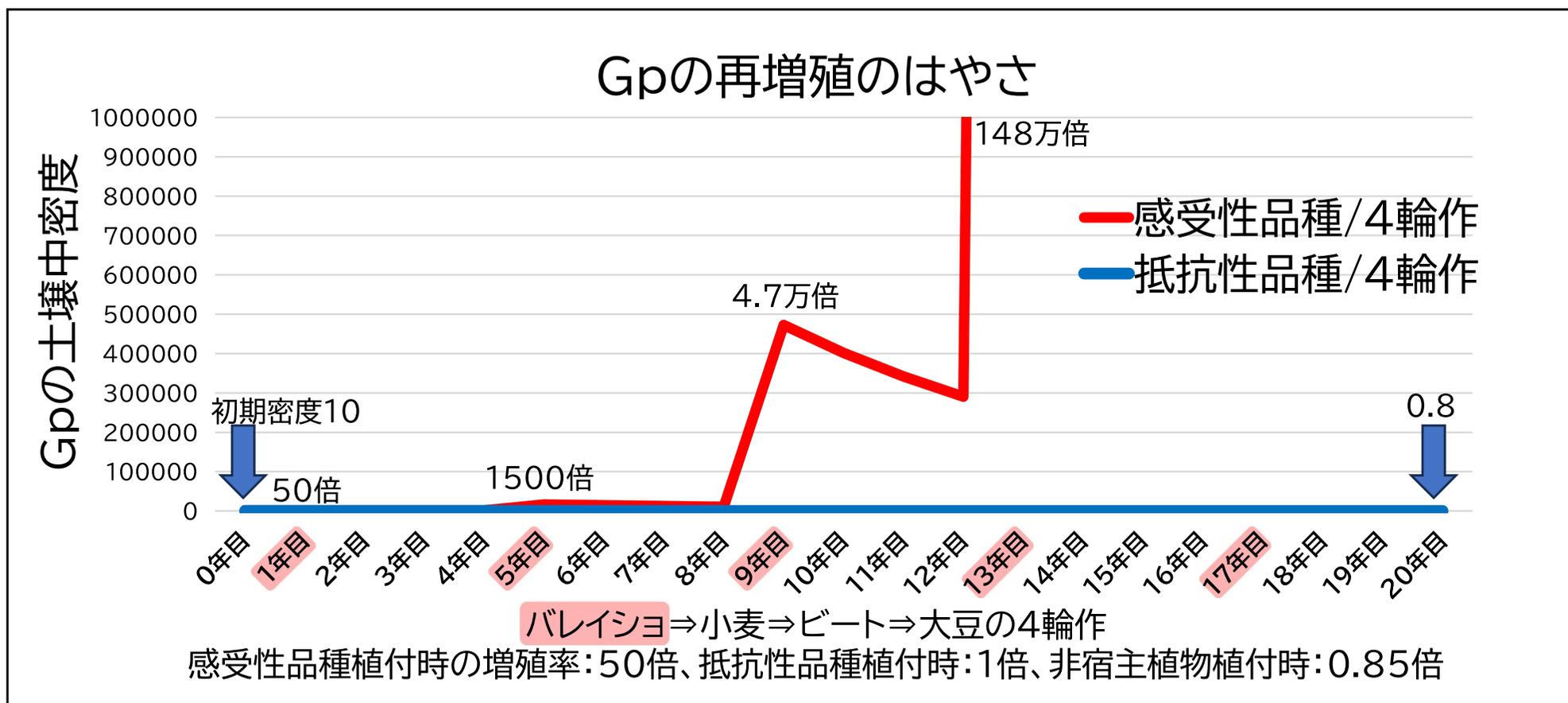
通算 330圃場
1236ha

Gp検出限界以下まで減少

2025年4月
8圃場
25ha

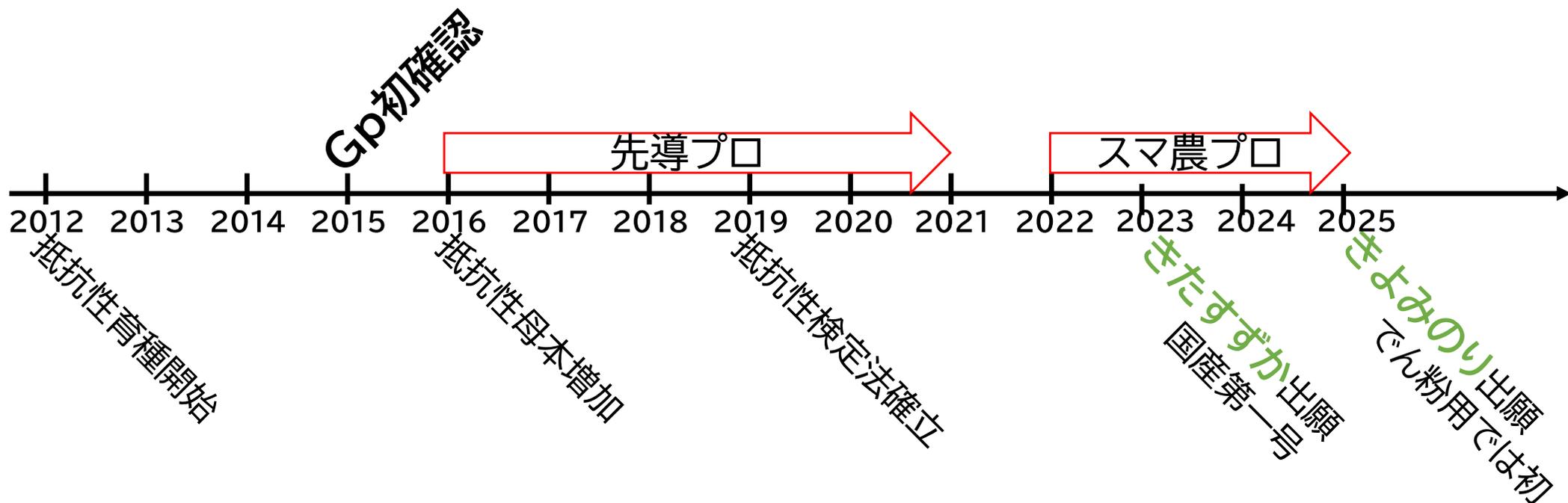
なぜGp抵抗性品種が必要なのか？

「Gpが検出限界以下になった」は「Gpが0になった」ではない
証明は非常に困難



バレイショを基幹的な品目とした営農とGp再増殖防止の両立が求められる
⇒Gpが増えにくい抵抗性品種の作付が非常に重要

日本でのGp抵抗性育種の始まり



Gp抵抗性はGr抵抗性ほど単純ではない

ジャガイモシストセンチュウ
抵抗性育種(1972年開始～)

効果的な抵抗性遺伝子

H1 from *S. tuberosum*

抵抗性の強さ

*H1*遺伝子が1個あれば十分

抵抗性遺伝資源

最近の品種はどれも*H1*を有している

ジャガイモシロシストセンチュウ
抵抗性育種(2012年開始～)

効果的な抵抗性遺伝子

<i>Gpa5</i>	from <i>S. verrnei</i>
<i>Gpa6</i>	from <i>S. verrnei</i>
<i>GpaIV^s_{adg}</i>	from <i>S. andigena</i>
<i>GpaV^s_{spl}</i>	from <i>S. sparsipilum</i>

抵抗性の強さ

複数遺伝子を集積(Pyramiding)が必要
単一の抵抗性遺伝子のみでは不十分

抵抗性遺伝資源

ごく僅かな海外導入品種しかない

Eden, 12601ab1, Innovator, フリアなど

Gp抵抗性品種の開発戦略

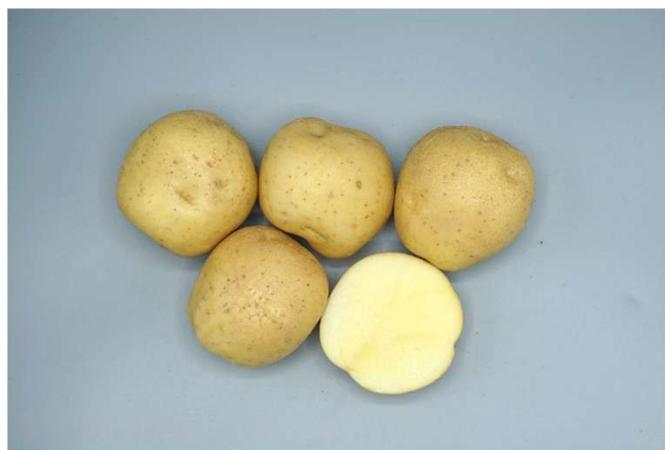
第0世代：緊急対応としての導入品種

海外のGp抵抗性品種・系統を導入し、北海道の栽培に適するものを選定

⇒ “フリア” from France

導入した中では良い方だったが、現場では能力不足

フリア



でん粉原料用



収穫時の「フリア」の様子 (JAしれとこ斜里提供)

Gp抵抗性品種の開発戦略

第0世代: 緊急対応としての導入品種

海外のGp抵抗性品種・系統を導入し、北海道の栽培に適するものを選定

⇒ “フリア” from France

導入した中では良い方だったが、現場では能力不足

第1世代: 交配による品種改良 **いまここ**

Gp抵抗性品種・系統と日本の品種の交配し、日本に向くGp抵抗性品種を開発

⇒ “きたすずか” from “Eden” x “十勝こがね”

“きよみのり” from “フリア” x “サクラフブキ”

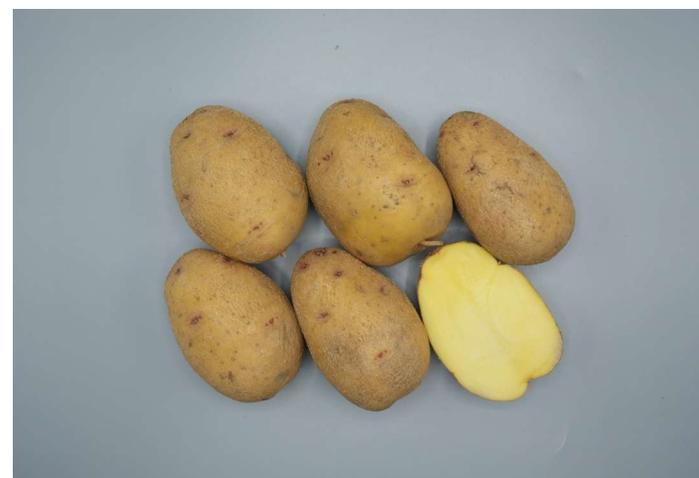
きたすずか



青果・ポテトサラダ用

Gp抵抗性: 中

きよみのり



でん粉原料用

Gp抵抗性: やや強

第0世代: 緊急対応としての導入品種

海外のGp抵抗性品種・系統を導入し、北海道の栽培に適するものを選定

⇒ “フリア” from France

導入した中では良い方だったが、現場では能力不足

第1世代: 交配による品種改良

Gp抵抗性品種・系統と日本の品種の交配し、日本に向くGp抵抗性品種を開発

⇒ “きたすずか” from “Eden” x “十勝こがね”

“きよみのり” from “フリア” x “サクラフブキ”

いまここ

第2世代:

第1世代系統の交配によって、より強く、より多収・高品質なGp抵抗性品種を開発

⇒ 2030年代～に品種登録出願?

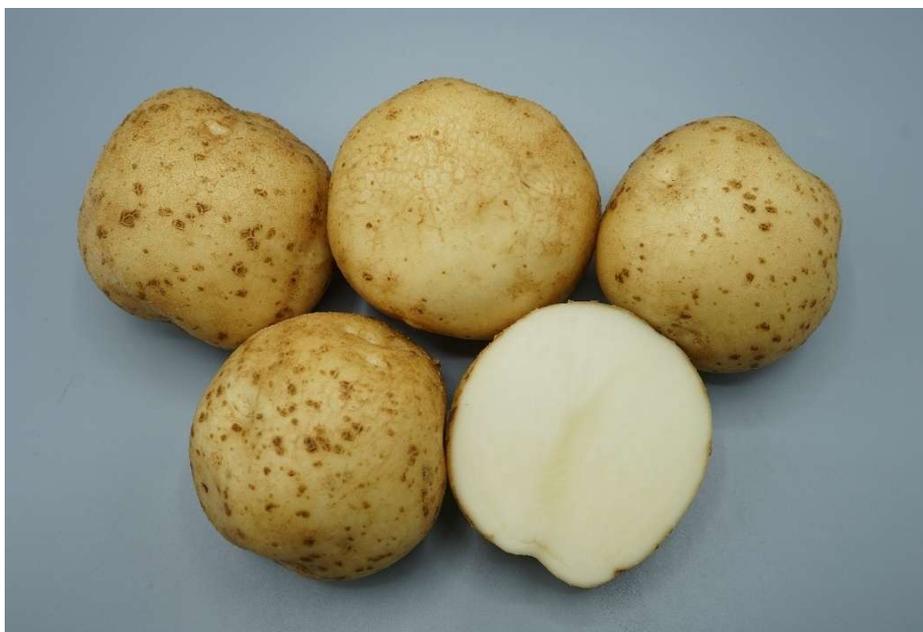
第3世代:

第2世代の利用によって多くの育成系統にGp抵抗性が付与される

⇒ 2040年代～?

きたすずか Eden × 十勝こがね

食用



さやかに比べて...

枯ちょう期	規格内 kg/10a	ライマン価 %
9月4日	4,203	12.5
(-5日)	(+3%)	(-1.4pt)

(H29~R3年,育成場)

特性: ○大粒・白肉の食用・ポテトサラダ用品種 ×ライマン価やや低い
○Gp抵抗性:中 ×褐色心腐多い

見込み: Gp発生歴のある圃場で栽培するのには向かない
Gpの侵入を警戒する地域での普及を検討中

きよみのり G05SC266.006 × サクラフブキ

でん粉原料用



フリアに比べて...

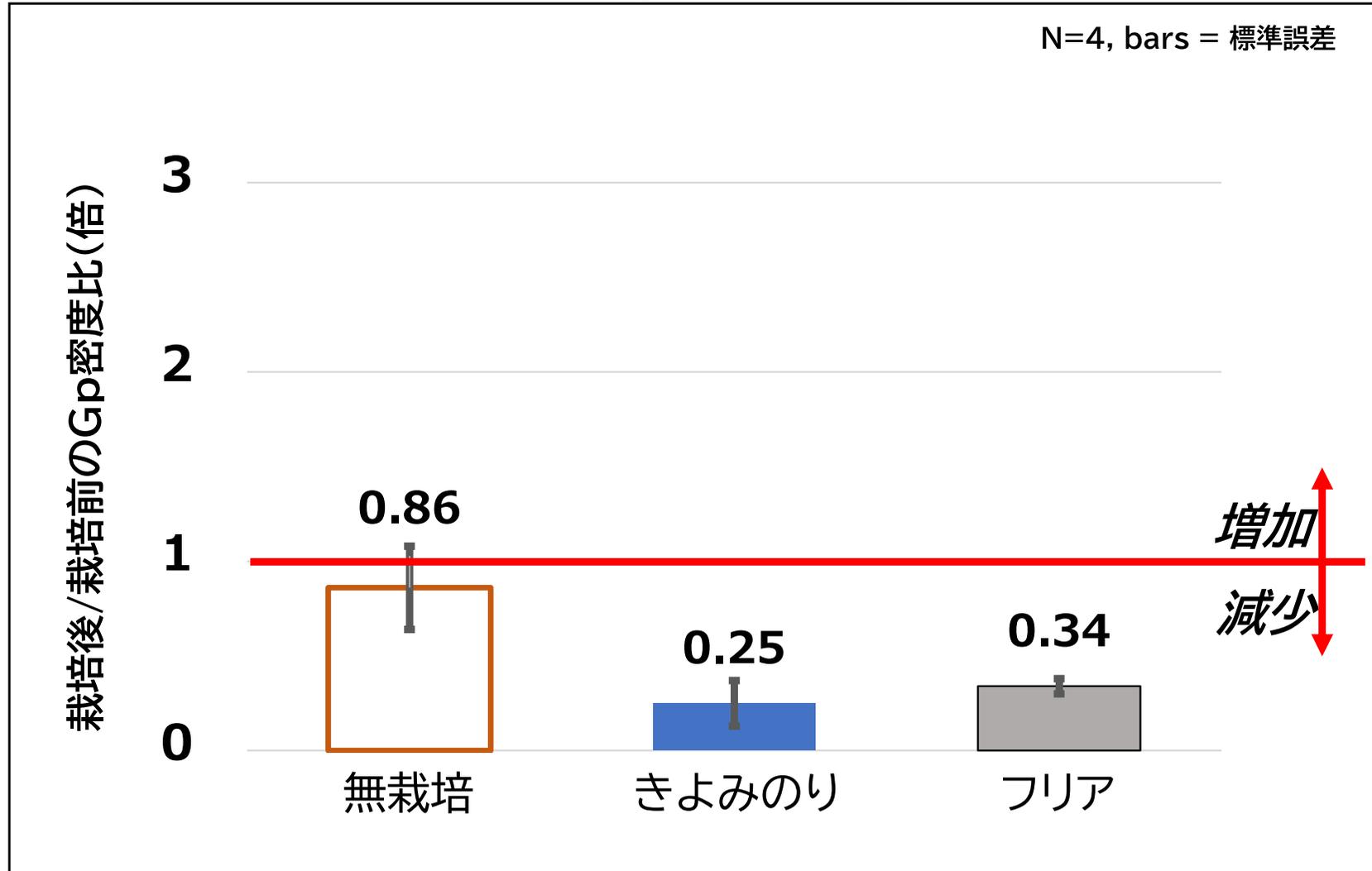
枯ちょう期	上いも重 kg/10a	でん粉重 kg/10a
10月13日	8,002	996
(+16日)	(+31%)	(+33%)

(R6年,育成場)

- 特性:
- 多収なでん粉原料用品種
 - Gp抵抗性: やや強
 - Gp密度低減効果あり(高密度圃場)
 - ×ライマン価やや低い
 - ×小玉、二次成長が多い
 - ×イモの茎離れが悪い

見込み: フリアを全面的に置き換える形で普及見込み
最短でR10年から一般栽培開始予定

Gp高密度圃場(99±31卵/g乾土)でのGp密度低減効果(R5)



(参考:同じ土壌を用いたポット栽培では「パールスターチ」栽培時にGp密度は約40倍に増加した。)

勝系61号 13077-7 × Innovator

食用

フレンチフライ



さやかに比べて...

枯ちょう期	規格内 kg/10a	ライマン価 %
9月15日	5245	13.5
(+3日)	(-1%)	(+0.6pt)

(R6年,育成場)

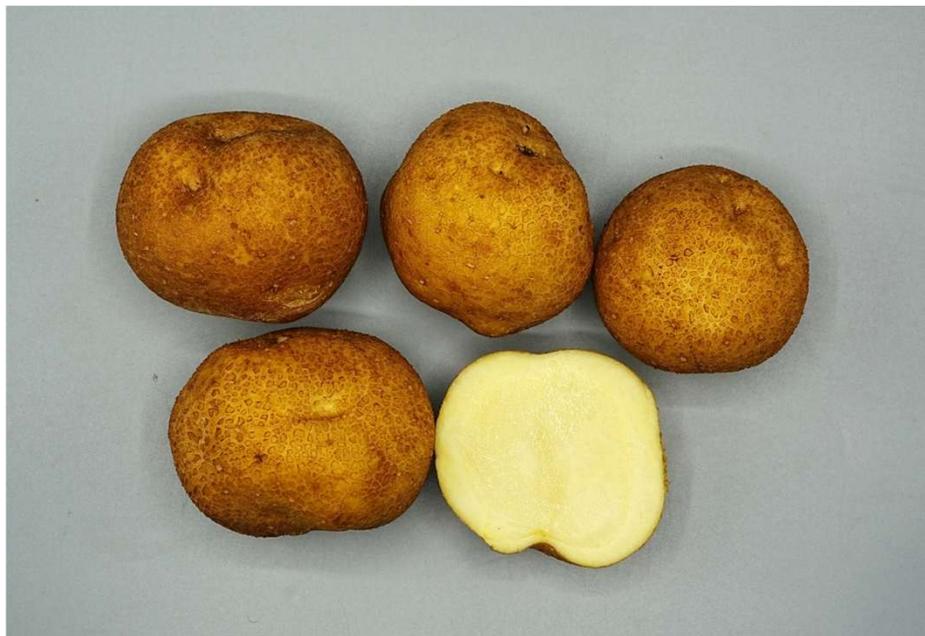
特性: 卵形～長卵形の食用・加工用系統

Gp抵抗性:強、疫病抵抗性:強、PVY抵抗性:強、打撲耐性:強
フレンチフライ適性も期待

見込み: 最短でR10年品種登録出願見込み

勝系63号 根育38号 × 12601ab1

でん粉原料用



コナヒメに比べて...

枯ちょう期	上いも重 kg/10a	でん粉重 kg/10a
10月11日	5390	1008
(+9日)	(-6%)	(-6%)

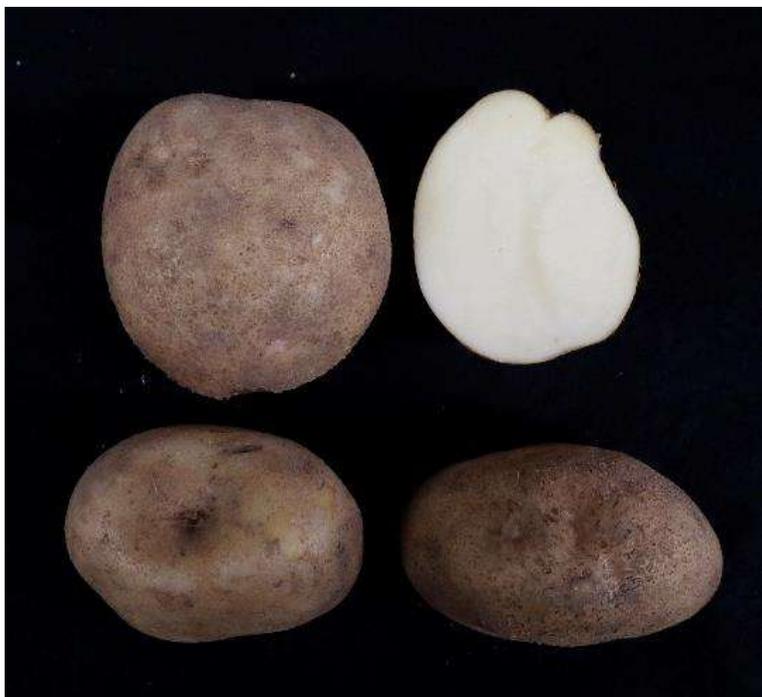
(R6年,育成場)

特性: 晩生で多収、イモ付きのバランスが良い
Gp抵抗性:強、PVY抵抗性:強
きよみのりとは異なるGp抵抗性タイプ

見込み: 最短でR10年品種登録出願見込み

K19106-6 北系72号 × Eden

でん粉原料用



コナヒメに比べて...

枯ちょう 期	上いも重 kg/10a	でん粉価 %	でん粉重 kg/10a
10月3日	5,990	20.2	1150
(±0日)	(-6%)	(+1.3%)	(±0%)

(R6-7年, 育成場平均)

特性: 晩生でGp抵抗性
Gp抵抗性: やや強、PVY抵抗性: 強

見込み: 最短でR13年品種登録出願見込み

K20180-9 K16164-2(Eden後代)× 北系64号

でん粉原料用



コナヒメに比べて...

枯ちょう 期	上いも重 kg/10a	でん粉価 %	でん粉重 kg/10a
10月7日	5,950	19.3	1088
(-2日)	(-7%)	(+0.4%)	(-5%)

(R7年,育成場)

特性: 晩生でGp抵抗性
Gp抵抗性:強、PVY抵抗性:強

見込み: 最短でR13年品種登録出願見込み

HP09 HP02 × H91031-14

食用



男爵薯に比べて...

枯ちょう期	上いも重 kg/10a	ライマン価 %
9月2日	4,755	14.3
(+2日)	(+3%)	(+0.4pt)

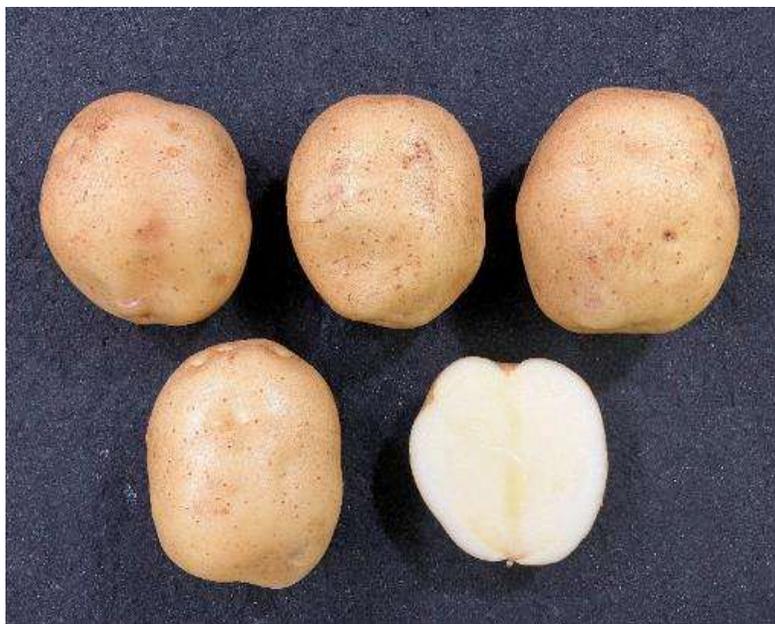
(R4-6年平均,育成場)

特性: 早中生でGp抵抗性、白肉でやや粘質の食感
Gp抵抗性:強、そうか病抵抗性:強

見込み: 最短でR10年品種登録出願見込み

C74 (交配組み合わせ非公表)

ポテトチップ用



トヨシロに比べて...

黄変中期	総収量 kg/10a	ライマン価
8月22日	4354	15.5
(+7日)	(-7%)	(+0.6pt)

(R3-6年平均,導入場)

特性: Gp抵抗性でチップカラーが優れるポテトチップ用系統
Gp抵抗性:強

見込み: 加工適性を確認し品種登録の可否を判断する。

- ・ヨーロッパ系Gp抵抗性母本を使うと後代の能力が下がる

Innovator(オランダ)

- ・ *Gpa5*, *Gpa6*
- ・滑らかな外観
- ・中心空洞の多発
- ・Gr感受性

Eden(スコットランド)

- ・ *GpaIV^s_{adg}*
- ・滑らかな外観
- ・褐色心腐れの多発

フリア(フランス)

- ・ *Gpa5*, *Gpa6*
- ・晩生
- ・イモ数多、一個重軽い
- ・茎離れが悪い

12601ab1(スコットランド)

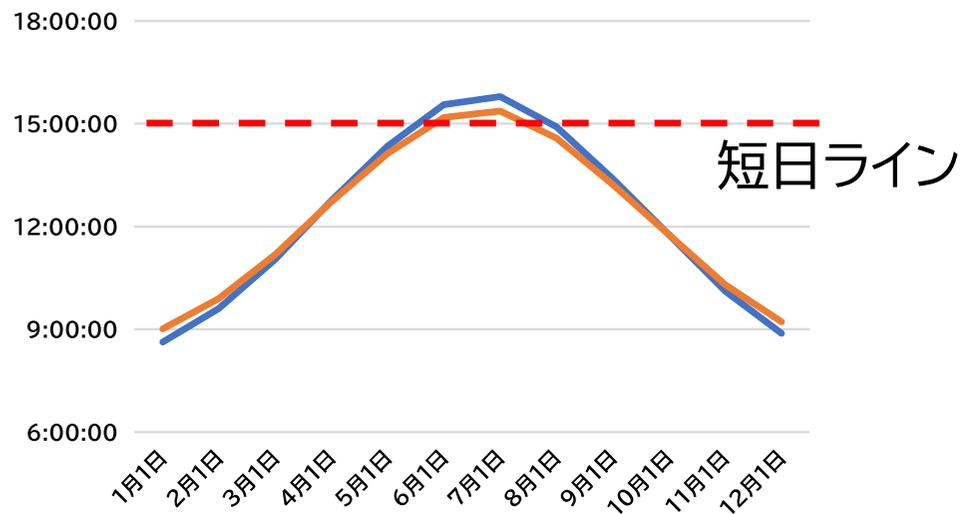
- ・ *GpaIV^s_{adg}*
- ・球形で玉揃いが良い
- ・晩生
- ・イモ数多、一個重軽い

2024年、2025年の猛暑では性能が低下する傾向が顕著
⇒環境ストレス耐性が低い？

この10年間でわかってきたこと

- ・ヨーロッパ系Gp抵抗性母本を使うと後代の能力が下がる

①ヨーロッパ品種由来の特性



- ・ヨーロッパは日が長く、塊茎形成が遅い
- ・生育期間は北海道より長め

欧州環境に最適化されたゲノムと
北海道での栽培環境のギャップ

②Gp抵抗性遺伝子の由来の特性

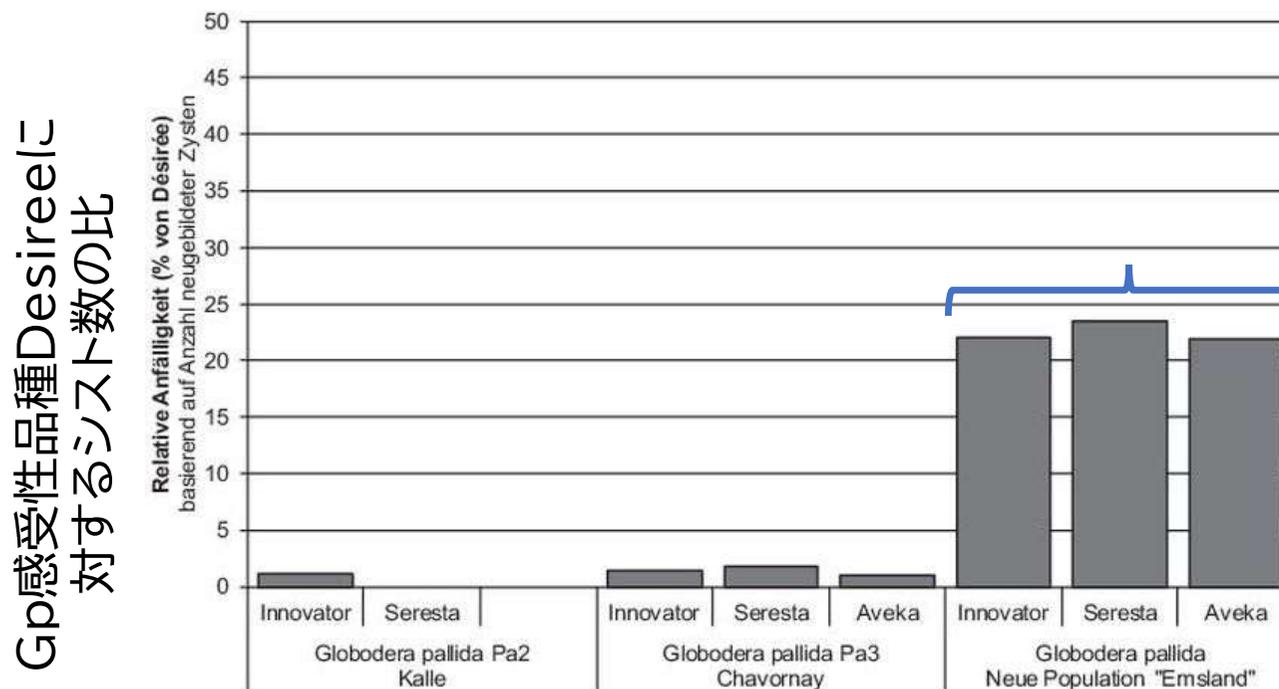


- ・ *Gpa5* 遺伝子 (第5染色体短腕)
- ・ *Gpa6* 遺伝子 (第9染色体長腕)
- ・ *GpaIV^s_{adg}* 遺伝子 (第4染色体短腕)

と一緒に
劣悪な形質を司る遺伝子も
導入されてしまっている？

野生種利用抵抗性育種の永遠の課題

- ・Gp抵抗性は打破されてしまうかもしれない
- ・ドイツではフリアと同じタイプの抵抗性が打破された例がある(2014年)
- ・他の病虫害抵抗性の多くで打破された事例がある



抵抗性遺伝子

~~Gpa5~~

Gpa6

GpaIV^s_{adg}

Gpに対して強い抵抗性を持つInnovatorでもシストが多数着生している
感受性品種比で20%以上のシスト着生数⇒スコア4(“抵抗性中”)以下

①Gp抵抗性育種はまだまだ 道半ば

高収量・高品質を実現するにはさらに時間・世代が必要
国産第2世代ではさらなる品質の向上が期待

②Gp抵抗性品種は万能ではない

品種の抵抗性だけに頼らない、総合的な防除が大切

- ・適切な輪作体系の維持
- ・捕獲作物/殺線虫剤の利用

国産バレイシヨの持続的で安定的な生産のため
Gp対策へのご理解とご協力・ご支援をお願いいたします

